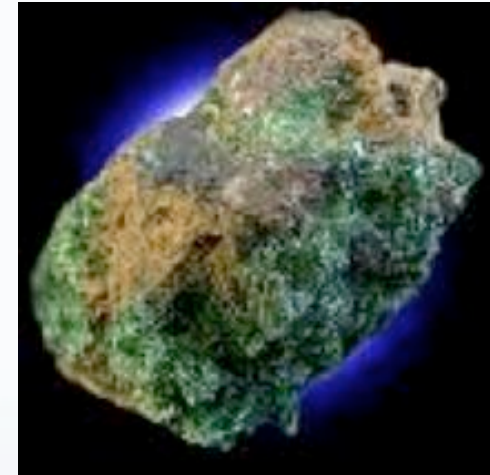




KIVI NIRIA



Uranium: *een bijzonder Mineraal'*

-De Levenscyclus van Uranium-

KIVI NIRIA Avondseminar: -De Levenscyclus van Uranium-

PROGRAMMA

- Winning van Uranium prof. dr. ir. Koenraad J. Weber
- Gebruik van Uranium dr. ir. Jan Leen Kloosterman
- Verwerking van Uranium dr. ir. Ewoud V. Verhoef
en ondergrondse berging
- *Zaaldiscussie* *allen*
- *Napraten/borrel* *allen (P-garage sluit om 21:30!)*

URANIUMWINNING: VOORKOMENS EN WINNINGSMETHODEN

- Inleiding
- Ontstaan en voorkomen van uraniumertsen
- Natuurlijke kernfysische processen
- Mijnbouwgebieden, winnings- en extractiemethoden
- Geschatte voorraden uranium als functie van de kostprijs
- Conclusies

URANIUM: MINERALEN

- $\left. \begin{array}{l} \text{Cu} \cdot 2\text{UO}_2 \cdot \text{P}_2\text{O}_8 \cdot 12\text{H}_2\text{O} \\ \text{Ca} \quad \quad \text{As} \\ \text{Ba} \end{array} \right\}$ (Joachimstal,
Cornwall, S. Aust.)
- $\text{K}_2\text{O} \cdot 2\text{UO}_3 \cdot \text{V}_2\text{O}_5 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (SW Colorado, Utah,
S. Aust. Katanga)
- $\text{PbO} \cdot 4\text{UO}_3 \cdot \text{P}_2\text{O}_5 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ (Katanga)
- $3\text{UO}_3 \cdot 5\text{Bi}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{As}_2\text{O}_5 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$
- REEKS URANATEN & URANYLEN MET Pb, Th, Zr, Ca & METALEN VAN
DE LANTHAAN & YTTRIUM FAMILIE

URANIUM: ERTSTYPEN (1)

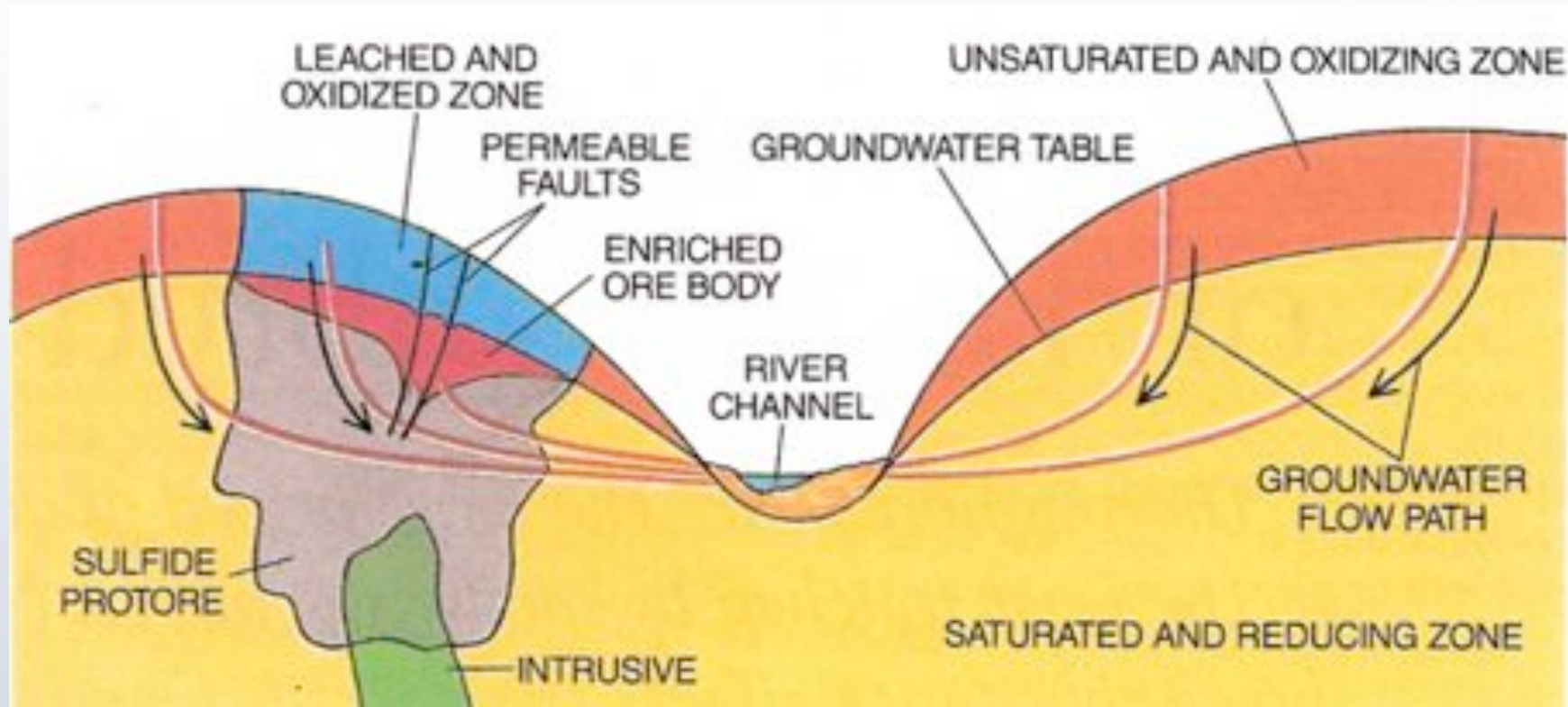
PRECAMBIAN PEGMATITES →

- QUARTZ-PEBBLE CONGLOMERATES (SOUTH AFRICA, ONTARIO, BRAZIL)
- IGNEOUS OR HYDROTHERMAL VEINS, STOCKWORKS
OFTEN FOUND WITH CU, NI, CO, AU ETC. FOUND IN MANY COUNTRIES, E.G. JOACHIMSTAL THE PITCHBLENDE (URANITE) ORES
- IN COLLAPSE BRECCIAS (ARIZONA)
- DISSEMINATED IMPREGNATIONS (U.S.A., NAMIBIA)
- NEPHELINE SYENITE INTRUSIONS (GREENLAND)

URANIUM: ERTSTYPES (2)

- IN SANDSTONES – ROLL FRONT TYPE ORE
URANITES DEPOSITED UNDER REDUCING CONDITIONS
(COLORADO PLATEAU)
- IN PHOSPHATES, LOW CONCENTRATION (NORTH & WEST AFRICA, JORDAN)
- IN OIL SHALES (SWEDEN)
- In calcretes (NAMIBIA)
- Sea waters contains 3.3 mg U/m³

Uranium: voorkomens



- Invloed van erosie en grondwater

Uranium: voorkomens

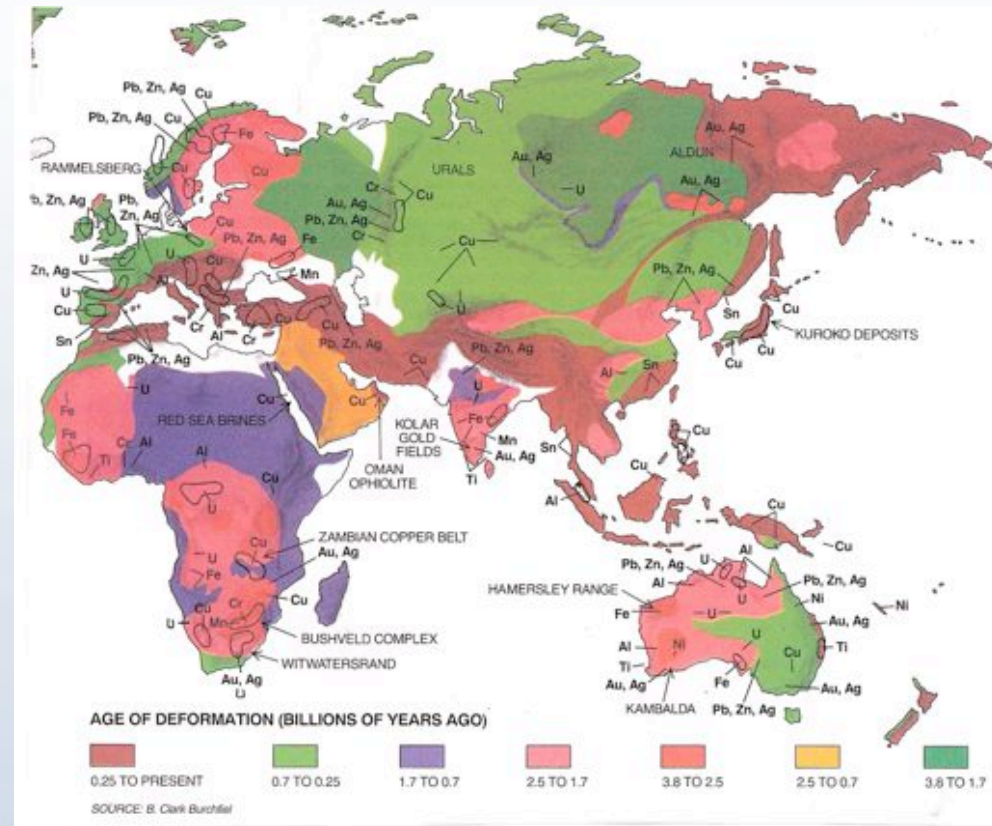
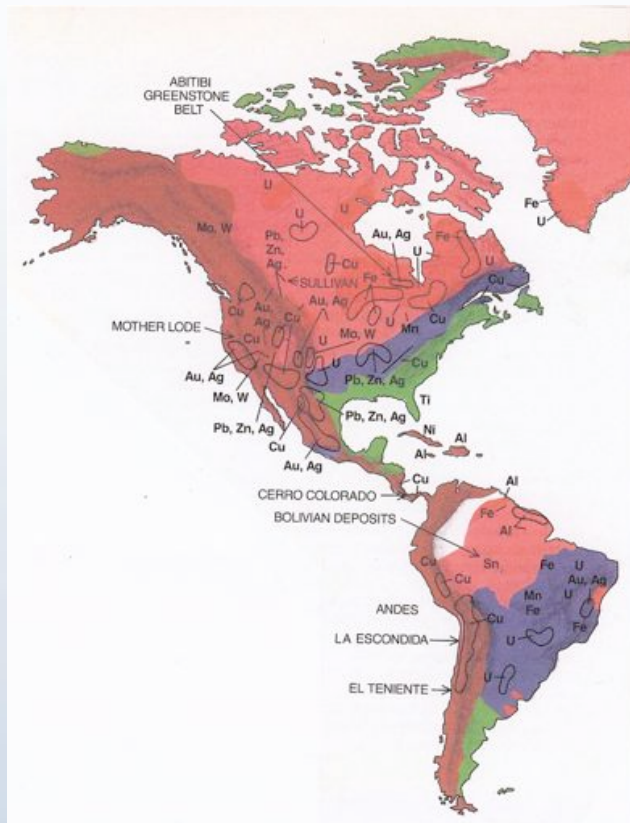


Red Beds

Reducing
conditions

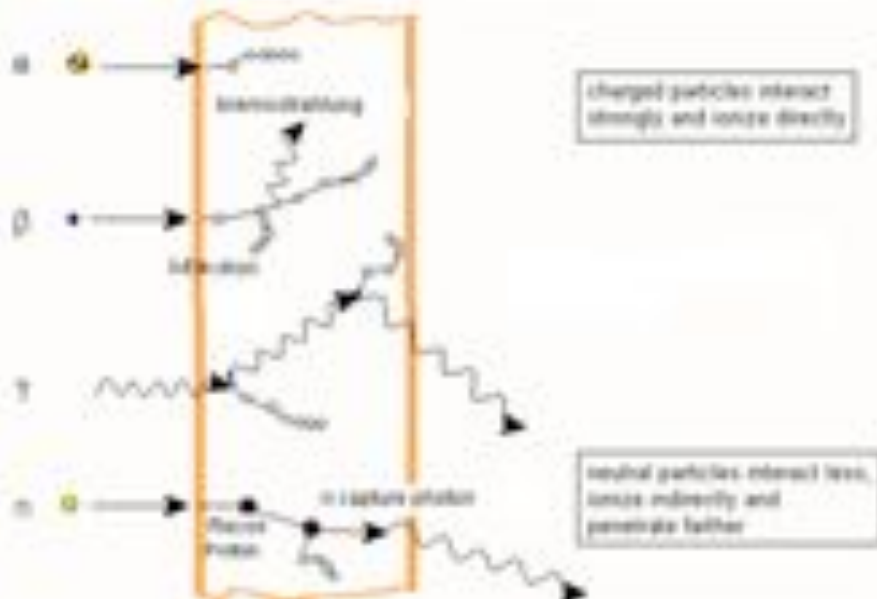
Uranium mijn
nabij Moab, Utah

Uranium: ouderdom basisgesteente

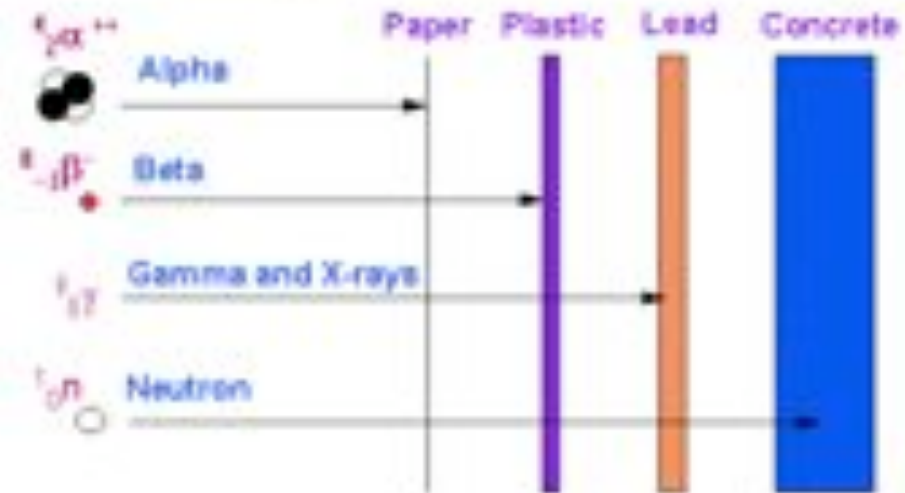


Uranium: straling

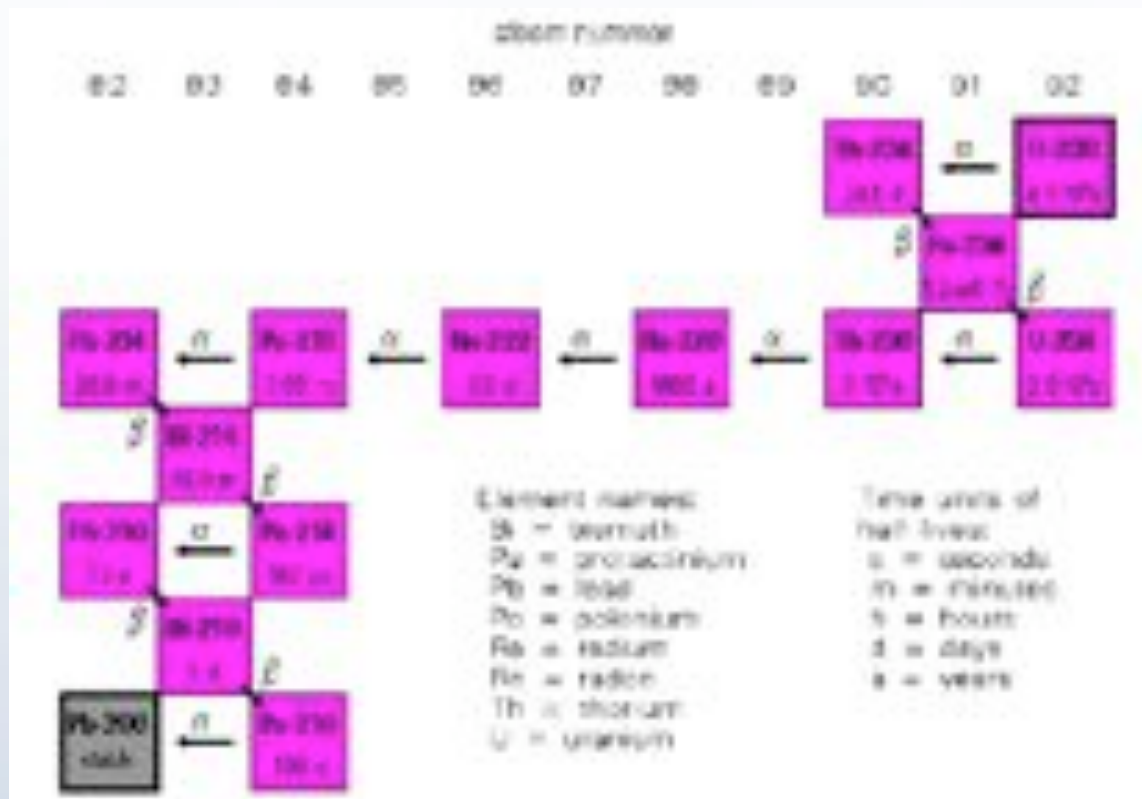
Interaction of Ionizing Radiation with Matter



Penetrating Distances



Uranium: vervalreeks



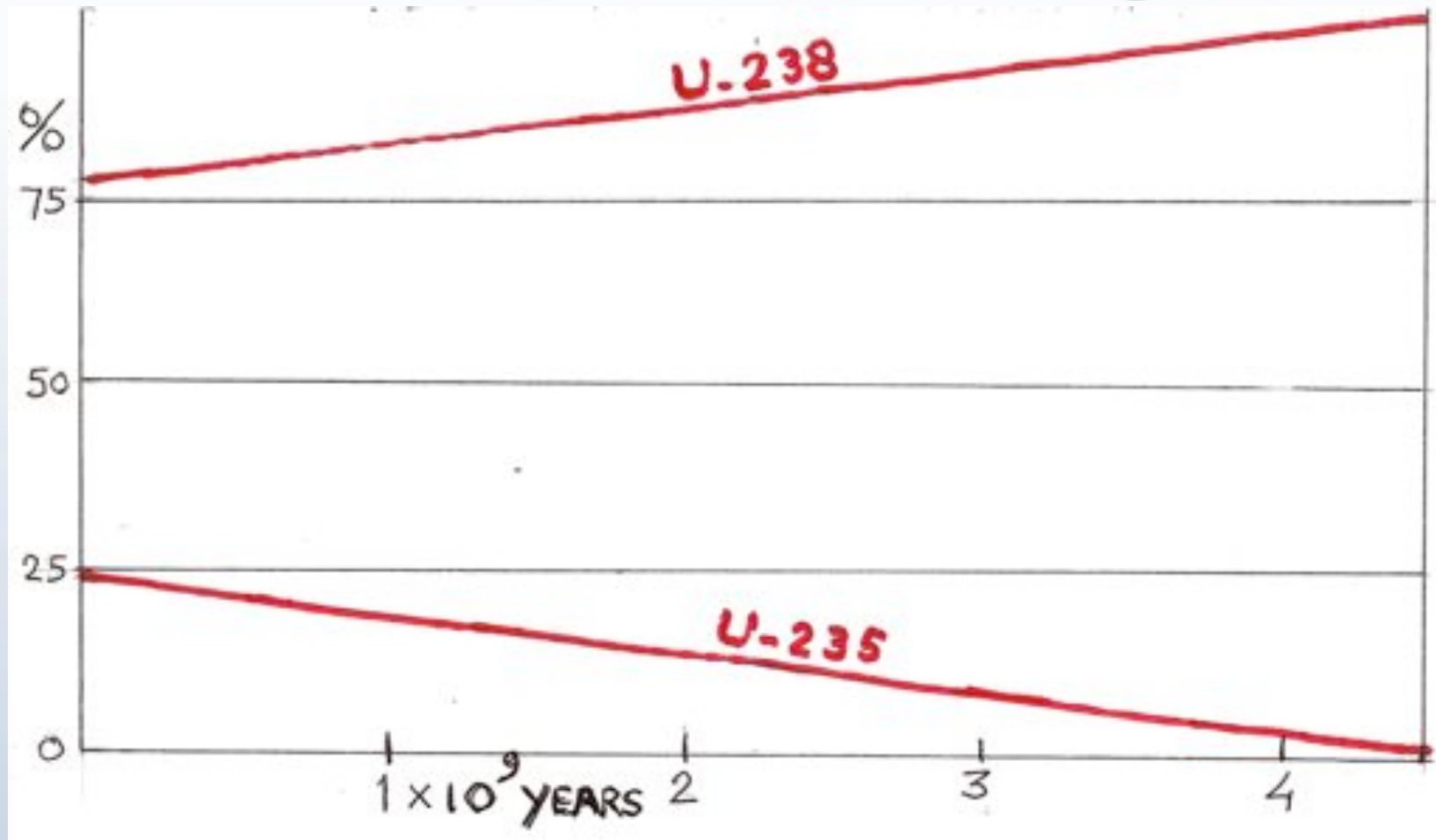
92
U-235
0.7
10⁻⁹

In 11 stappen

Pb-207

82

Uranium: isotoop verloop met de tijd



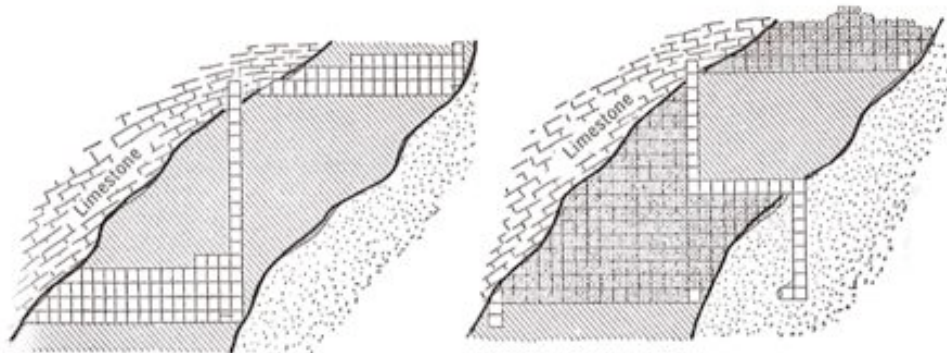
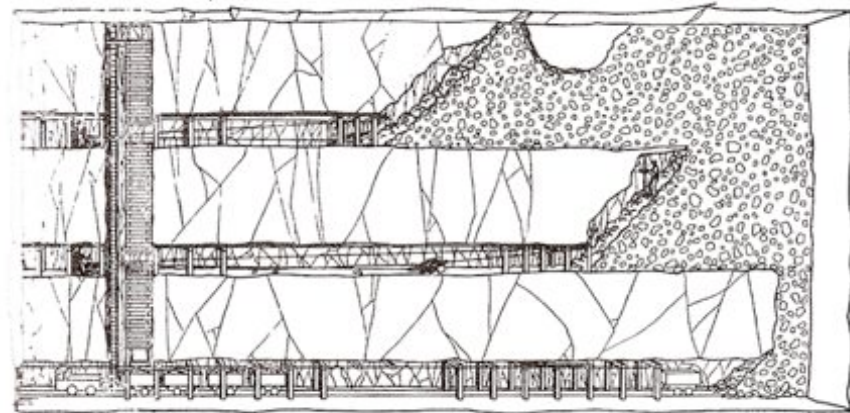
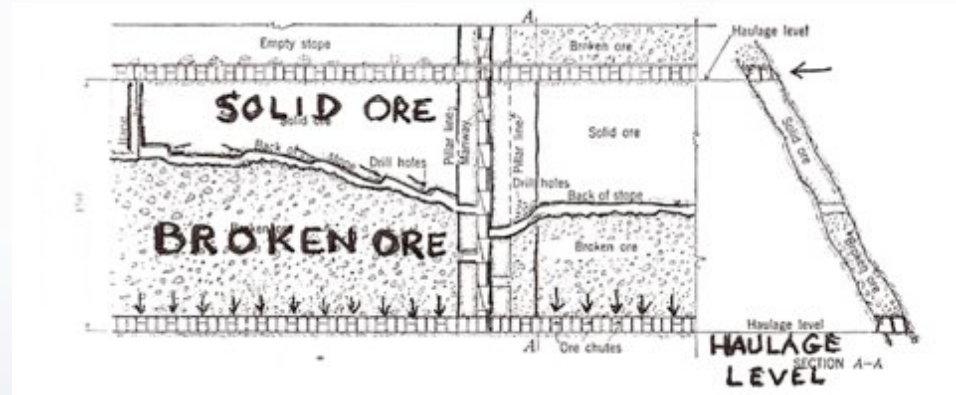
Uranium: aanwezigheid



Underground Mining

(38% in 2005)

- Shrinkage Stope
- Horizontal Cut and Fill Stopping
- Square-Set Stopping



Dagbouw

(30% in 2005)

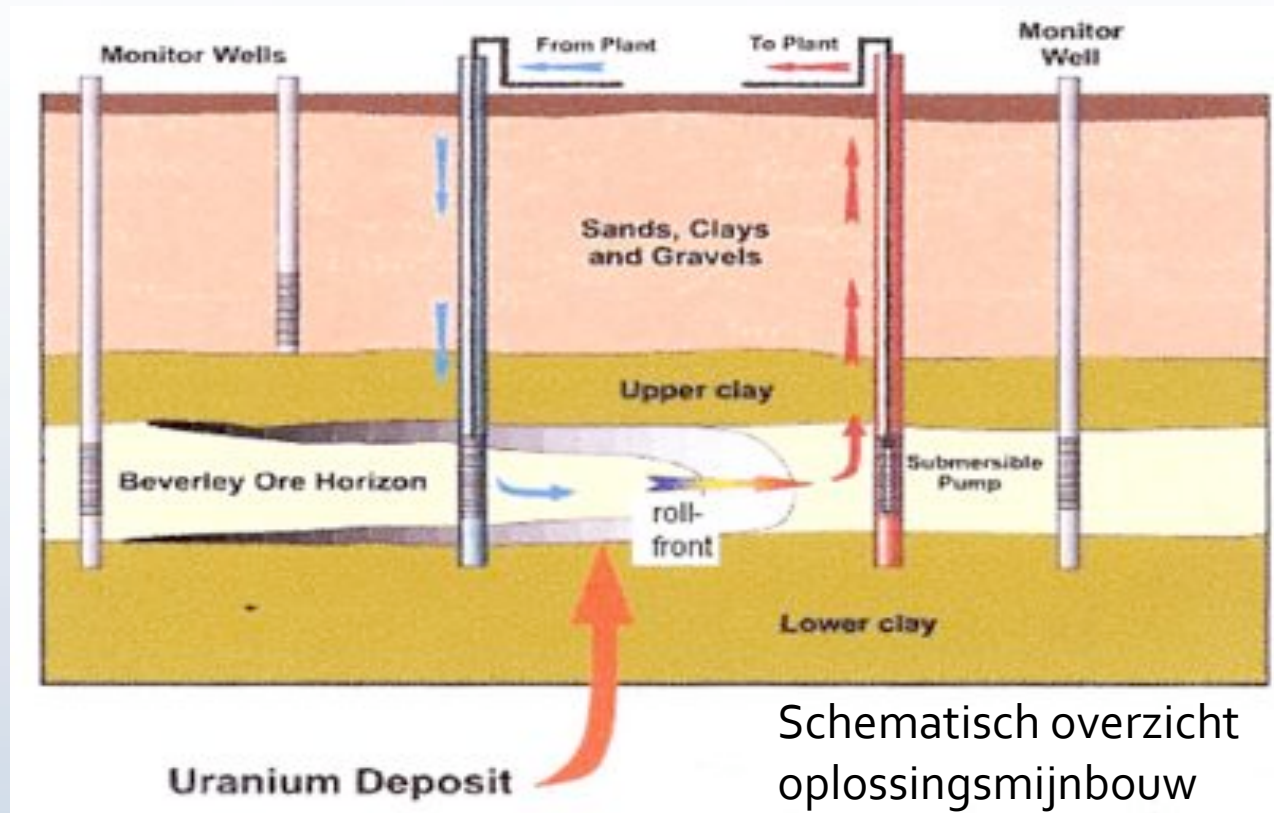


Ranger 3 open pit, Northern Territory, Australia: Uranium mineralised Cahill-Formation



In Situ Leaching (ISL)

(21% in 2005)



- Bovendien wordt 11% geproduceerd als bijproduct bij andere methoden/voorkomens

Erts processing

1) ERTS UIT MIJN → 2) BREKEN EN MALEN → TWEE ROUTES:

I: SILICIUM RIJK ERTS + H_2SO_4

A) OPLOSSING VERONTREINIGD MET
ANDERE METALEN

B) SELECTIEVE EXTRACTIE MET ORGANISCH
OPLOSMIDDEL (BV. TRIBUTYL FOSFAAT)

C) ISOLATIE U DOOR IONENUITWISSELING

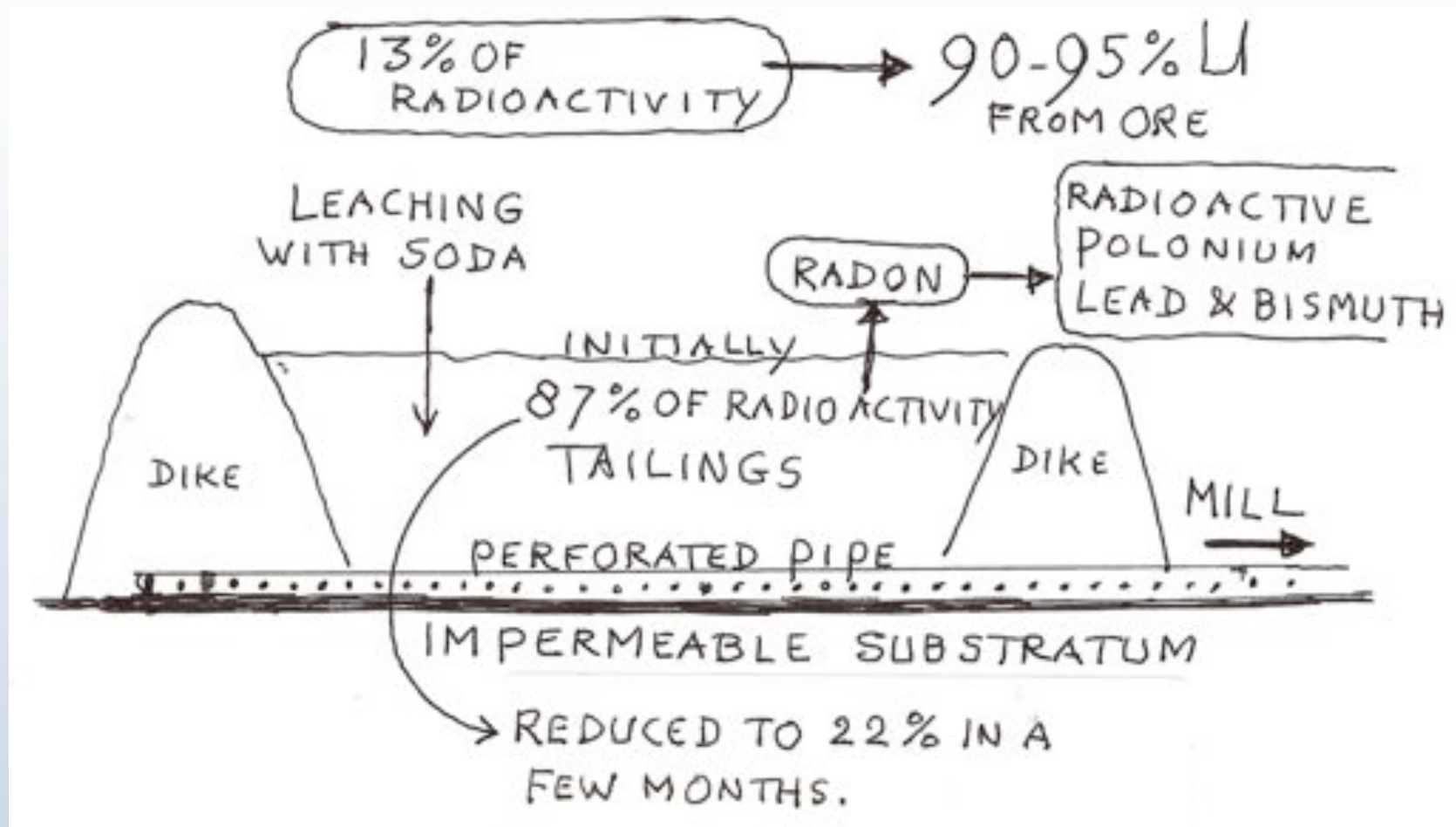
D) NEERSLAAN U MET AMMONIAK OF LOOG

II: KALKRIJK ERTS + Na_2CO_3

A) DIREKT NEERSLAAN VAN
U MET AMMONIAK

AFFILTEREN, CENTRIFUGEREN, DROGEN → YELLOW CAKE, U_3O_8

Tailings



U-productie: Top-10

#	Mijn	Land	Voorraad (tU) *	Type mijn	Productie 2005 (tU)	Percentage wereld productie
1	McArthur River	Canada	75.118	ondergrond	7.200	17,3%
2	Ranger	Australië	22.073	dagbouw	5.006	12,0%
3	Olympic Dam	Australië	58.512	Bijproduct/ dagbouw	3.688	8,9%
4	Rossing	Namibië	4.255	dagbouw	3.147	8,9%
5	Krazbokamensk	Rusland	-	ondergrond	3.000	7,6%
6	Rabbit Lake	Canada	1.192	ondergrond	2.316	7,5%
7	McClellan Lake	Canada	4.912	dagbouw	2.112	5,5%
8	Akouta	Niger	7.909	ondergrond	1.778	5,1%
9	Arlit	Niger	16.716	dagbouw	1.315	4,3%
10	Beverley	Australië	17.800	ISL	825	3,2%
	Top 10		208.487		30.387	73,1%

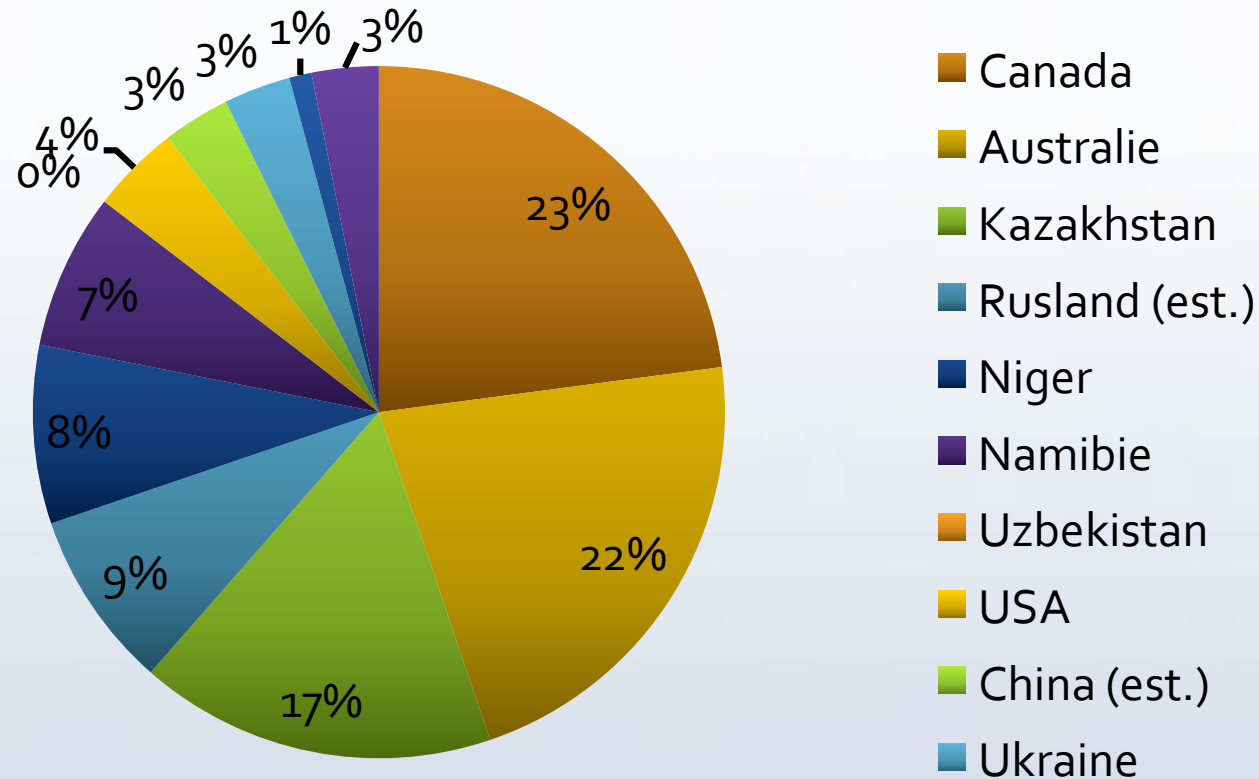
* Som van opgeslagen -en bewezen voorraad uranium erts.

Uraniumlezing prof. K.J. Weber, KIVI-NIRIA

** Percentage is het gewogen gemiddelde van opgeslagen en bewezen voorraad uranium erts.

Uranium Mijnbouw

2007



Vraag +/- 70.000 Ton/jaar → 370 GWe

Waarvan +/- 10.000 Ton uit gesloopte kernwapens

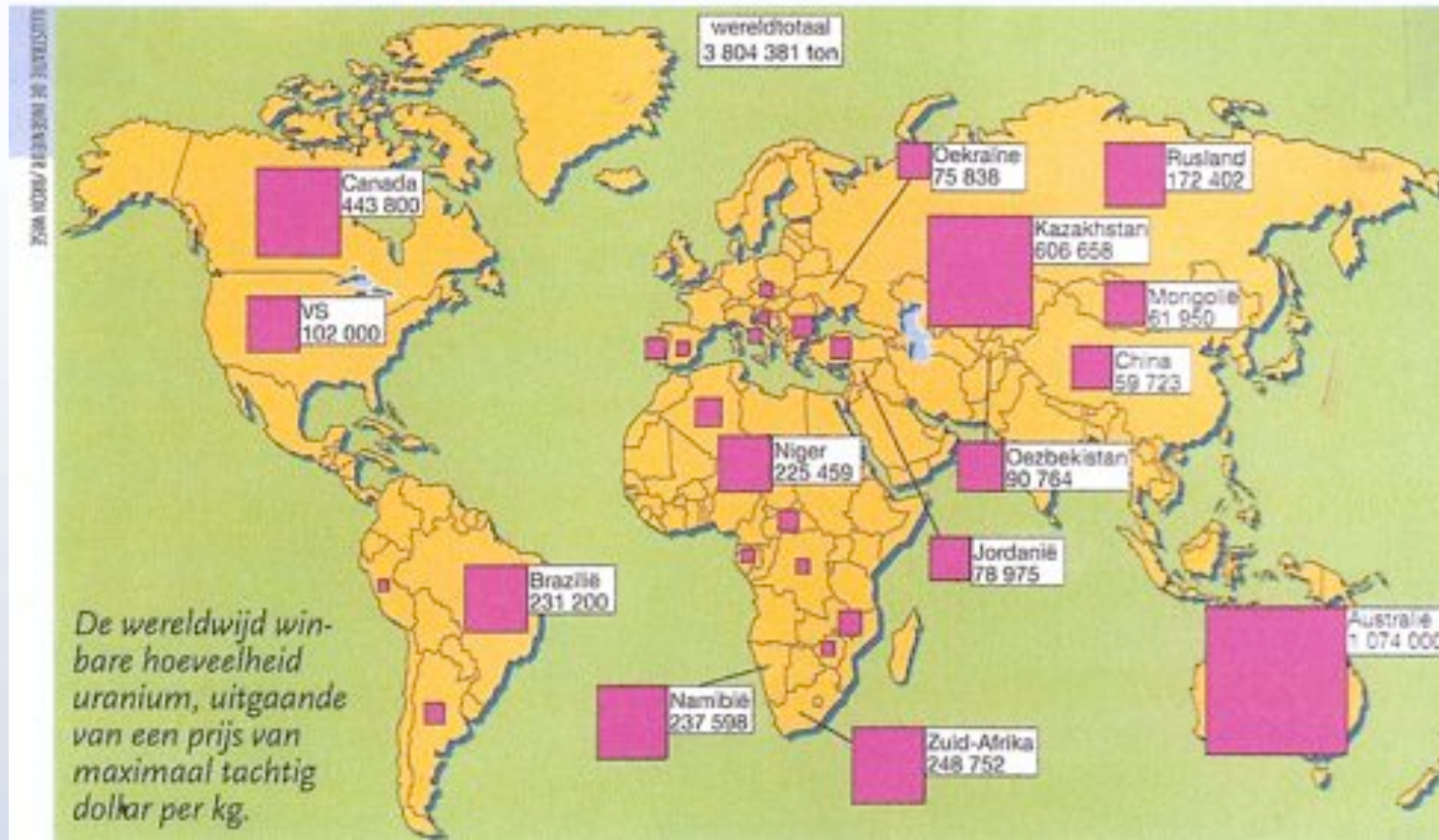
Uranium Reserves

	Uranium in 2005	Verandering t.o.v. 2003
RAR, <40 US\$/kg	1.947.383 t U	+ 217.000
RAR, <80 US\$/kg	2.643.343 t U	+ 185.000
RAR, <130 US\$/kg	3.296.689 t U	+ 128.000
IR, <40 US\$/kg	799.000 t U	+ 6.000
IR, <80 US\$/kg	1.161.038 t U	+ 82.000
IR, <130 US\$/kg	1.446.164 t U	+ 27.000
RAR+IR, <40 US\$/kg	2.746.000 t U	+ 223.000
RAR+IR, <80 US\$/kg	3.804.381 t U	+ 267.000
RAR+IR, <130 US\$/kg	4.742.853 t U	+ 155.000

Bron: NEA & IAEA, 2006

Probable (RAR) and Possible (IR) U reserves (ores)

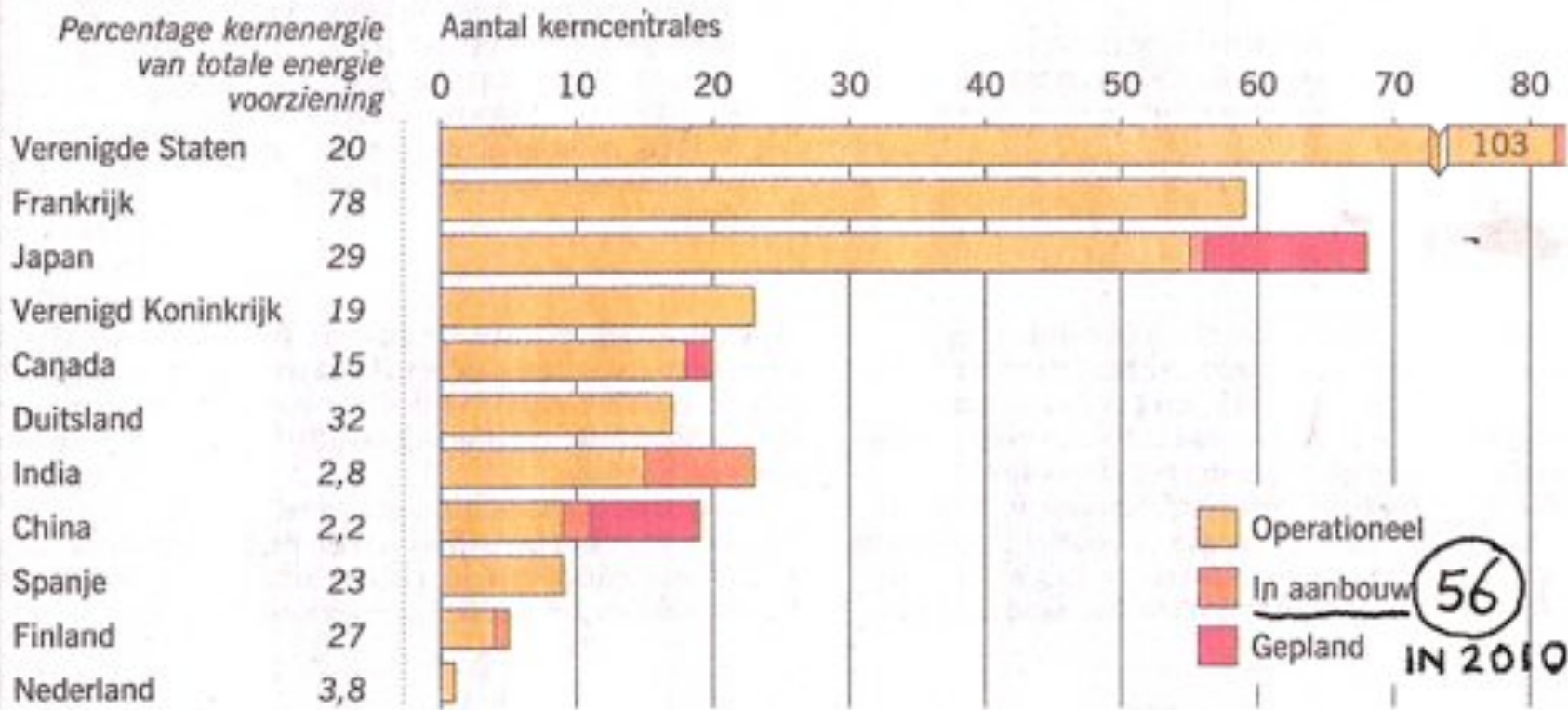
Uranium Reserves



- Estimated U reserves @ US\$ 80/kg
- Total 3.804.381 ton

Uranium gebruik

Uitbreiding aantal kerncentrales vooral in Azië



NRC Handelsblad 011205 / Bron: WNA, IAEA

Uranium - Conclusions -

- LARGE INCREASE IN RESERVES AS A RESULT OF RECENT EXPLORATION.
- CONSIDERABLE RISE IN DEMAND CAN BE EXPECTED BECAUSE OF RENEWED ACTIVITY IN REACTOR BUILDING
- RESERVES APPEAR ADEQUATE FOR OVER 50 YEARS AT PRESENT PRICE LEVELS
- MUCH LARGER RESERVES ARE AVAILABLE AT HIGHER PRICE LEVELS WHICH STILL WOULD HAVE LITTLE IMPACT ON ELECTRICITY COST
- OBVIOUSLY MUCH DEPENDS ON THE DEVELOPMENT OF FAST BREEDERS